

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 17 813 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
H 01 M 8/04

DE 195 17 813 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 17 813.0  
⑯ Anmeldetag: 18. 5. 95  
⑯ Offenlegungstag: 21. 11. 96

⑯ Anmelder:  
Zentrum für Sonnenenergie- und  
Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg, 70565  
Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Scholta, Joachim, Dr., 89073 Ulm, DE; Rohland,  
Bernd, Dr., 89081 Ulm, DE

⑯ Entgegenhaltungen:  
DE 43 22 765 C1  
DE 21 57 722 A  
DE 19 49 184 A  
US 50 23 157 A  
EP 03 87 702 A2  
EP 03 77 157 A1

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verfahren zur Regelung des wärmegeführten Betriebes von Brennstoffzellenanlagen

⑯ Brennstoffzellen sind sehr gut zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme geeignet. Eine Ausrichtung der Leistung der Brennstoffzelle nach dem Wärmebedarf der Nutzlast mittels einer Kennfeldanpassung führt bei stärkeren Schwankungen des Wärmebedarfs zu Fehlanpassungen und Wirkungsgradverlusten. Die Erfindung bezweckt die kontinuierliche und verlustfreie Anpassung der Wärmeproduktion der Brennstoffzelle an den aktuellen Wärmebedarf. Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, daß Brennstoffzellen über einen weiten Lastbereich kontinuierlich regelbar sind. Die Erfindung besteht in der Anwendung einer kontinuierlichen Regelung des Stroms anhand der Vor- oder Rücklauf-temperatur des Wärmekreislaufs. Zum Einsatz kommt erfindungsgemäß ein Regelverfahren, welche eine quasikontinuierliche Charakteristik aufweist, insbesondere eine Regelung nach einem PID-Algorithmus mit zusätzlicher Beschränkung des Stroms als Regelgröße hinsichtlich Minimal- und Maximalwert und dem Betrag der zeitlichen Änderung des Stroms. Eine solche Regelung ermöglicht eine schnellstmögliche Anpassung der Zelleistung an den jeweiligen Wärmebedarf.

DE 195 17 813 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 96 602 047/127

7/24

## Beschreibung

## I. Stand der Technik

Brennstoffzellen, besonders solche mit mittlerer oder höherer Arbeitstemperatur sind aufgrund ihres hohen Wirkungsgrades und ihrer niedrigen Schadstoff- und Geräuschemissionen zur kombinierten Erzeugung von Strom und Wärme in kleineren und mittleren Einheiten sehr gut geeignet.

Technisch am weitesten entwickelt ist zur Zeit die Phosphorsäure-Brennstoffzelle (PAFC), die bereits kommerziell angeboten wird. Die angebotene Einheit besitzt eine elektrische Leistung von 200 kW. Die Zelle ist für stromgeführten Betrieb ausgelegt, kann jedoch auch zur Auskopplung von Wärme eingesetzt werden. Systembedingt darf die Rücklauftemperatur höchstens 33°C betragen. Ist diese höher, wird ein Zusatzkühlsystem aktiviert, welches die überschüssige Wärme an die Umgebungsluft abgibt.

Brennstoffzellen besitzen im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren keine direkte Möglichkeit der Leistungsregelung über die Brennstoffzufuhr, da sowohl der anoden- als auch der kathodenseitige Gasumsatz nur etwa 80 bzw. 50% betragen darf. Da die Umsatzrate nach dem Faraday'schen Gesetz proportional zum Zellstrom ist, wird bei Brennstoffzellen der Zellstrom als Führungsgröße gewählt und die Gasströme entsprechend dem vorgewählten Zellstrom gesteuert.

Soll die Leistung der Brennstoffzelle nicht nach dem jeweiligen Netzbedarf, sondern nach dem Wärmebedarf der Nutzlast ausgerichtet werden, wird das Verfahren der Kennfeldanpassung gewählt, nach dem die Wärmeabgabe der Zelle in Abhängigkeit betriebsrelevanter Größen ermittelt wird und nach diesem Kennfeld der passende Strom von Hand eingestellt wird [1]. Dieses Verfahren wird bei weitgehend stationärem Wärmebedarf oder geringen Schwankungen desselben angewandt, führt jedoch bei stärkeren Schwankungen oder auch bei einer Änderung der Zellcharakteristik infolge Alterung sowie bei Änderungen in der Erdgasqualität zu Fehlanpassungen. Diese können wiederum bewirken, daß entweder nicht ausreichend Wärme zur Verfügung steht oder überschüssige Wärme über den Zusatzkühler abgeführt werden muß, was dann zu einer Verminderung des Gesamtwirkungsgrads führt.

Eine Regelung in der Form, daß wie bei Blockheizkraftwerken nach dortigem Stand der Technik Kessel in Stufen ab- oder zugeschaltet werden, ist bei Brennstoffzellen nicht anwendbar, da ein häufiges An- und Abschalten zu einer Verschlechterung der Zelle führt bzw. wegen der auftretenden Anfahrverluste unwirtschaftlich ist.

## II. Prinzip der Erfindung

Die Erfindung bezweckt die kontinuierliche sowie die Brennstoffzelle schonende und verlustfreie Anpassung der Wärmeleistung der Brennstoffzelle an den aktuellen Wärmebedarf.

Der Erfindung liegt eine Aufgabe zugrunde, eine Fahrweise der BZ zu entwickeln, die diese Anpassung verlustfrei ermöglicht und einen ausreichenden Abstand zu den Grenzwerten der Prozeßführung auch bei ständigen Schwankungen des Wärmebedarfs gewährleistet.

Die erfundungsgemäße Lösung besteht in der Regelung des Stroms der Brennstoffzelle anhand der Vor-

oder Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs nach einem quasikontinuierlich arbeitenden Regelverfahren.

Die Erfindung nutzt die Tatsache aus, daß Brennstoffzellen über einen weiten Lastbereich kontinuierlich regelbar sind und hierbei einen nahezu konstanten Wirkungsgrad aufweisen. Die Erfindung besteht in der Anwendung einer kontinuierlichen Regelung des Stroms anhand der Vor- oder Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs. Der Wärmekreislauf kann durch einen Wärmetauscher in einen die Brennstoffzelleneinheit umfassenden Kühlmittelkreislauf und in einen Nutzwärmekreislauf, welcher dann den Wärmetauscher und den Wärmeverbraucher, der auch aus einem oder mehreren Wärmetauscherkreisläufen bestehen kann, umfaßt, aufgeteilt sein. Die Regelung kann dann sowohl mit Bezug auf die Kühlmittelvor- oder Rücklauftemperatur des Kühlmittelkreises als auch mit Bezug auf die Vor- oder Rücklauftemperatur des Nutzwärmekreislaufs erfolgen. Zum Einsatz kommt erfundungsgemäß ein Regelverfahren, welche eine quasikontinuierliche Charakteristik aufweist, insbesondere eine Regelung nach einem PID-Algorithmus mit zusätzlicher Beschränkung des Stroms als Regelgröße hinsichtlich Minimal- und Maximalwert und dem Betrag der zeitlichen Änderung des Stroms. Eine solche Regelung vermeidet nicht nur die Nachteile einer Regelung nach Kennfeld, sondern ermöglicht auch eine schnellstmögliche Anpassung der Zellleistung an den jeweiligen Wärmebedarf. Die Kenngrößen von Minimal- und Maximalwert sowie die erlaubte zeitliche Änderung des Stroms richten sich nach den von der Prozeßführung der Brennstoffzelle her zugelassenen Werten und dem für den Stack zulässigen Minimal- und Maximalstrom. Für eine solche Regelung werden erfundungsgemäß zwei Konzepte angewandt:

1. Regelung der Vorlauftemperatur des Nutz- oder Kühlwärmekreises durch Variation des Zellstroms. Dieses Regelverfahren ermöglicht eine optimale Regelcharakteristik und Wärmeausnutzung für Systeme, in denen eine ausreichend niedrige Rücklauftemperatur vorhanden ist, so daß der nach dem Stand der Technik vorgesehene Einsatz von Notkühlssystemen, die eine Verschlechterung der Wärmeausnutzung und damit des Gesamtwirkungsgrades bedeuten würden, nicht erforderlich ist. Ein Einsatz dieser Regelung in Verbindung mit einem Notkühlssystem ist ebenfalls möglich. In diesem Fall würde gegenüber einem Konstantstrombetrieb der Zelle noch eine bessere Anpassung an den jeweiligen Wärmebedarf und damit eine besserer Gesamtwirkungsgrad des Systems folgen.

2. Regelung der Rücklauftemperatur des Nutz- oder Kühlwärmekreises über Zellstrom und Vorlauftemperatur.

Dieses Regelverfahren ermöglicht eine Regelung der gelieferten Wärmemenge und damit eine Anpassung an den Wärmebedarf des Systems ohne Notkühlssystem auch dann, wenn bei geringem Wärmebedarf des Verbrauchers die Rücklauftemperatur über die Höchsttemperatur ansteigen würde, sofern der Verbraucher so ausgelegt ist, daß bei diesem Regelverfahren die erforderliche Wärmemenge übertragen werden könnte. Nachteil dieses Verfahrens gegenüber 1. ist die höhere Zeitkonstante des Systems. Dem steht eine besserer Gesamtwirkungsgrad des Systems gegenüber.

Der verwendete in Abb. 1 wiedergegebene Aufbau

besteht aus einer nach dem Stand der Technik aufgebauten Versorgungseinheit (19) für das wasserstoffhaltige Betriebsgas, welches über die Anodengaszuführung (21), und das Oxydantgas (Luft, sauerstoffangereicherte Luft oder Sauerstoff), welches über die Kathodengaszuführung (20) der Brennstoffzelleneinheit (1) zugeführt wird, einer zugehörigen Gasstromregelung (18), einer diese Betriebsgase verstromende Brennstoffzelleneinheit (1), die aus einer oder mehreren Einzelzellen aus Anode (2), Matrix (3) und Kathode (4) besteht, einem aus einer Pumpe (9), der Brennstoffzelleneinheit (1) und einem Wärmetauscher (10) bestehendem Kühlmittelkreislauf mit der Vorlauftemperatur  $T_V$  und der Rücklauftemperatur  $T_R$ , einem von dem Wärmetauscher ausgehenden Nutzwärmekreislauf mit der Vorlauftemperatur  $T_V$  und der Rücklauftemperatur  $T_R$  sowie der erfundungsgemäß arbeitenden Regeleinheit (13). Diese steuert über einen Ausgang für den DC-Sollstrom (14) einen DC-AC-Inverter (16) oder eine vergleichbare, den Zellstrom nutzende Einheit. Wie weiter oben beschrieben, wird als Regelgröße für die Regeleinheit (13) entweder die Vor- oder die Rücklauftemperatur des Nutzwärmekreislaufs oder des Kühlmittelkreislaufs herangezogen. Die in der PID-Regeleinheit ermittelte Abweichung der betr. Temperatur von dem vorgegebenen Sollwert wird nach einem PID- oder vergleichbaren Regelalgorithmus zur Steuerung der Gasströme über die Soll-Gasströme (17), die Gasstromregelung (18) und die Versorgungseinheit (19) sowie zur Steuerung des DC-Zellstroms über den DC-Sollstrom (14) und den DC-AC-Inverter (16) verwendet. Falls aufgrund der Eigenschaften der Regeleinrichtungen für die Anoden und Kathodengasströme ein zeitlicher Vorlauf der Regelung und/oder ein nach dem Stand der Technik bekannter Steuerungsablauf erforderlich ist, wird diese Regelgröße aus dem Steuersignal für den Zellstrom gebildet und in einem 2. Regelkreis, der Gasstromregelung (18) bereitgestellt. In letzterem Fall wird das Steuersignal für den Zellstrom (14), welches dem DC-AC-Inverter zugeführt wird, in entsprechendem Maße zeitlich verzögert, so daß der durch den Inverter geforderte DC-Strom von der Zelle immer bereitgestellt werden kann.

In der Patentliteratur [2] wird ein Verfahren zur Regelung der elektrischen Leistung von Brennstoffzellen über die Regelung des Oxydant-Massenstroms beschrieben. Dieses Verfahren ist für den Blockheizkraftwerksbetrieb von Brennstoffzellen nicht verwendbar, da sich nach diesem Verfahren der elektrische Wirkungsgrad des Systems im Teillastbetrieb verschlechtern würde. Im Gegensatz zu dem genannten Verfahren, welches zu einem variablen Sauerstoffumsatz im Oxydant-Gasstrom führt, ist der Gasumsatz bei dem erfundungsgemäß Verfahren konstant oder nur in soweit variabel, daß keine Begrenzung der Leistung durch den gewählten Anoden oder Kathodengasstrom erfolgt. Soll für die Versorgung der Brennstoffzelle Wasserstoff eingesetzt werden, kann die Regelung des anodenseitigen Gasstroms nach dem Stand der Technik durch eine Regelung des anodeneingangsseitigen Gasdrucks erfolgen. In diesem Fall wird anodenausgangsseitig ein Ventil mit einer Steuereinheit vorgesehen, welche in regelmäßigen Abstand durch kurzzeitiges Öffnen des Ventils eine Spülung des Anodengasraums und damit eine Entfernung von Restgasen bewirkt. Im Fall der Wasserstoffgewinnung aus Reformergas werden die anodenseitigen Gasströme wie auch in beiden Fällen die kathodenseitigen Gasströme entsprechend dem geregelten Zellstrom unter Zurechnung eines Strömungsüberschusses ge-

führt, während in [2] der Zellstrom so gewählt wird, daß der Brennstoffzelle ständig die in Bezug auf den Oxydantgasstrom maximal mögliche elektrische Leistung entnommen wird. Zusammenfassend arbeitet das in [2] beschriebene Regelverfahren mit dem Oxydant-Gasstrom als Steuergröße, während das erfundungsgemäß Verfahren mit dem vom Inverter angeforderten DC-Strom als Steuergröße arbeitet.

Des weiteren wird in der Patentliteratur [3, 4] ein Regelverfahren zur Regelung der Brennstoffzufuhr von Brennstoffzellen nach einem Steuersignal genannt. Dieses beinhaltet jedoch kein Verfahren zur Erzeugung des Steuersignals im Hinblick auf einen wärmegeführten Betrieb der Brennstoffzelle.

### III. Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Abb. 1 wiedergegeben und wird im folgenden näher beschrieben:

Eine Brennstoffzelleneinheit (1), die aus mindestens einer aus Anode (2), Matrix (3) und Kathode (4) bestehenden Einzelzelle besteht, wurde von einer Gasversorgungseinheit (19) über eine Anodengaszuführung (21) und eine Kathodengaszuführung (20) Betriebsgasen versorgt. Die Restgase wurden über einen Anodengasausgang (5) und einen Kathodengasausgang (6) abgeführt. Die Brennstoffzelleneinheit (1) wurde von einem aus einer Pumpe (9), einer Kühlmittelzuführung (8), einer Kühlmittelabführung (7) sowie einem Wärmetauscher (10) bestehendem Kühlmittelkreislauf gekühlt. Im Wärmetauscher (10) wurde das Kühlmittel mit einem aus Vorlauf (11) und Rücklauf (12) bestehendem Kühlkreislauf gekühlt. Die Vorlauftemperatur  $T_V$  des Kühlmittels wurde der Regeleinheit (13) zugeführt, welche nach Verfahren 1 die Temperatur  $T_V$  durch Variation des DC-Sollstroms (14), der durch den DC-AC-Inverter (16) eingestellt wurde, auf einen konstanten Wert geregelt hat. Als Stellgröße dient der Zellstrom. Ein gegenüber dem DC-Sollstrom (14) mit zeitlichem Vorlauf (1 sec.) versehener 2. Regelpfad der Soll-Gasströme (17) wurde zur Ansteuerung der Gasstromregelung (18) verwendet. Die Ausgangssignale der Gasstromregelung wurden zur Ansteuerung von Gasdurchflußreglern, die zusammen mit einer Gasversorgung die Gasversorgungseinheit (19) bildeten, verwendet. Zur Regelung des Zellstroms wurde die Regeleinheit (13) als eine PC-steuerte Regelung nach dem PID-Verfahren in Verbindung mit einer Begrenzung des Zellstroms nach einem Minimal- und Maximalwert und einer Begrenzung der zeitlichen Stromänderung aufgebaut.

Durch geeignete Wahl der Zeitkonstanten ( $P = 45$  A/ $^{\circ}$ C,  $I = 500$  sec, kein D-Anteil) wurde eine praktisch überschwingungsfreie Regelung der Vorlauftemperatur  $T_V$  nach sprungförmiger Änderung der Rücklauftemperatur erreicht. Hierbei wurden Zeitkonstanten von 5 bis 10 Minuten für die Regelung der Vorlauftemperatur bis zur Konstanz auf dem Sollwert erreicht.

Mit der so aufgebauten Regelung wird der Wärmebedarf von BHKW-Verbrauchern nach bekannten Kennlinien durch Variation der Rücklauftemperatur des Kühlkreislaufs nachgefahren. Die in Abb. 2 wiedergegebene Lastkurve zeigt das Wärmebedarfsprofil an einer Entnahmestelle (Grundschule Beuthener Straße, Hannover, am 24.02.1993, normiert auf 1,6 kW Nennlast). Es zeigt sich, daß das verwendete Regelverfahren ein praktisch kontinuierliches Nachfahren der vorgegebenen Lastgänge ohne wesentliche Abweichung zwischen Ist- und

Sollwert ermöglicht.

Der zeitliche Verlauf der Vorlauftemperatur ist durchweg sehr konstant und bleibt mit Abweichungen von maximal einem Grad C auf dem vorgegebenen Sollwert. Nur bei Überschreitung der Maximallast tritt an gleicher Stelle wie oben genannt eine größere Abweichung vom Sollwert auf.

Erfnungsgemäß konnte damit eine Regelung auf konstante Vorlauftemperatur bei wechselnder Rücklauftemperatur und damit ein genaues Nachfahren der durch die Rücklauftemperatur vorgegebenen Leistungskennlinie erreicht werden.

#### IV. Literatur

- [1] H. Knappstein: Blockheizkraftwerk mit Brennstoffzellen, GASWÄRME International, 43 (1994), 139–45
- [2] DE 93-4322765
- [3] DE 71-2157722
- [4] DE 70-1949184

15

20

nach dem Stand der Technik verfügbare Rampen zur Ansteuerung des Reformers vorgesehen sind.

11. Regelverfahren nach Anspruch 1, wobei die Regelung die zulässigen Grenzwerte für den Zellstrom unter Berücksichtigung gültiger Grenzwerte für die Brennstoffzelle, besonders der Zelltemperatur festlegt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Regelung des Stroms von Brennstoffzellen zum wärmegeführten Betrieb anhand der Vor- oder Rücklauftemperatur des Wärmekreislaufs nach einem Regelverfahren, welches eine quasikontinuierliche Charakteristik aufweist.
2. Regelverfahren nach Anspruch 1, besonders Regelungen, die nach einem PID-Algorithmus mit zusätzlicher Beschränkung des Stroms als Regelgröße hinsichtlich Minimal- und Maximalwert und dem Betrag der zeitlichen Änderung des Stroms arbeiten.
3. Regelverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Wärmekreislauf durch einen direkten Kreislauf unter Einschluß von Brennstoffzelleneinheit und Verbraucher realisiert ist.
4. Regelverfahren nach Anspruch 1, bei dem der Wärmekreislauf aus einem Kühlmittelkreislauf, einem Wärmetauscher und einem Nutzwärmekreislauf besteht.
5. Regelverfahren nach Anspruch 1, wobei der nach Anspruch 4 gekennzeichnete Nutzwärmekreislauf einen oder mehrere Wärmetauscherkreisläufe enthält.
6. Regelverfahren nach Anspruch 1, das mit einer optimierten Anpassung an die Wärmeanforderung des Verbrauchers die Vorlauftemperatur des Kühlmittel- oder Nutzwärmekreislaufs regelt.
7. Regelverfahren nach Anspruch 1, das mit einer optimalen Ausnutzung der gelieferten Wärme die Rücklauftemperatur des Kühlmittel- oder Nutzwärmekreislaufs so regelt, daß eine Temperatur möglichst nahe unter dem zulässigen Höchstwert eingestellt wird.
8. Regelverfahren nach Anspruch 1, wobei als Brenngas der Zelle entweder Wasserstoff oder ein durch Reformierung und Gasreinigung erhaltenes wasserstoffreiches Gas umgesetzt wird.
9. Regelverfahren nach Anspruch 1, wobei die Regelung einen durch zeitlichen Vorlauf gekennzeichneten 2. Regelpfad verfügt, der zur Ansteuerung des Reformers oder zur Ansteuerung von zur Regulierung von Anoden- und Kathodengasströmen geeigneten Anordnungen verwendet wird.
10. Regelverfahren nach Anspruch 1, wobei in dem nach Anspruch 8 gekennzeichneten Regelpfad

50

60

65

55

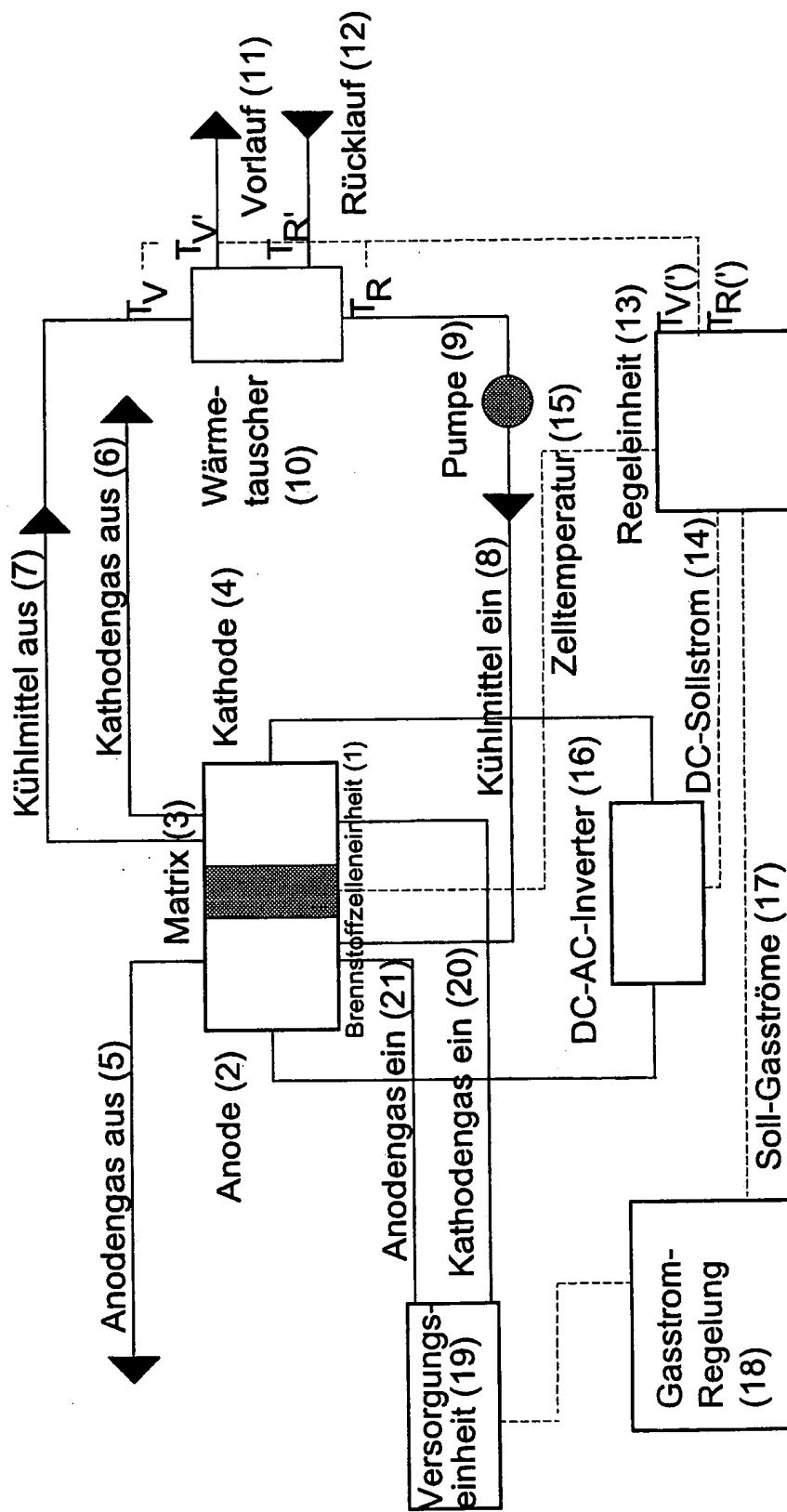


Abb. 1: Schaltbild des PID-Reglers in einem Brennstoffzellen-BHKW

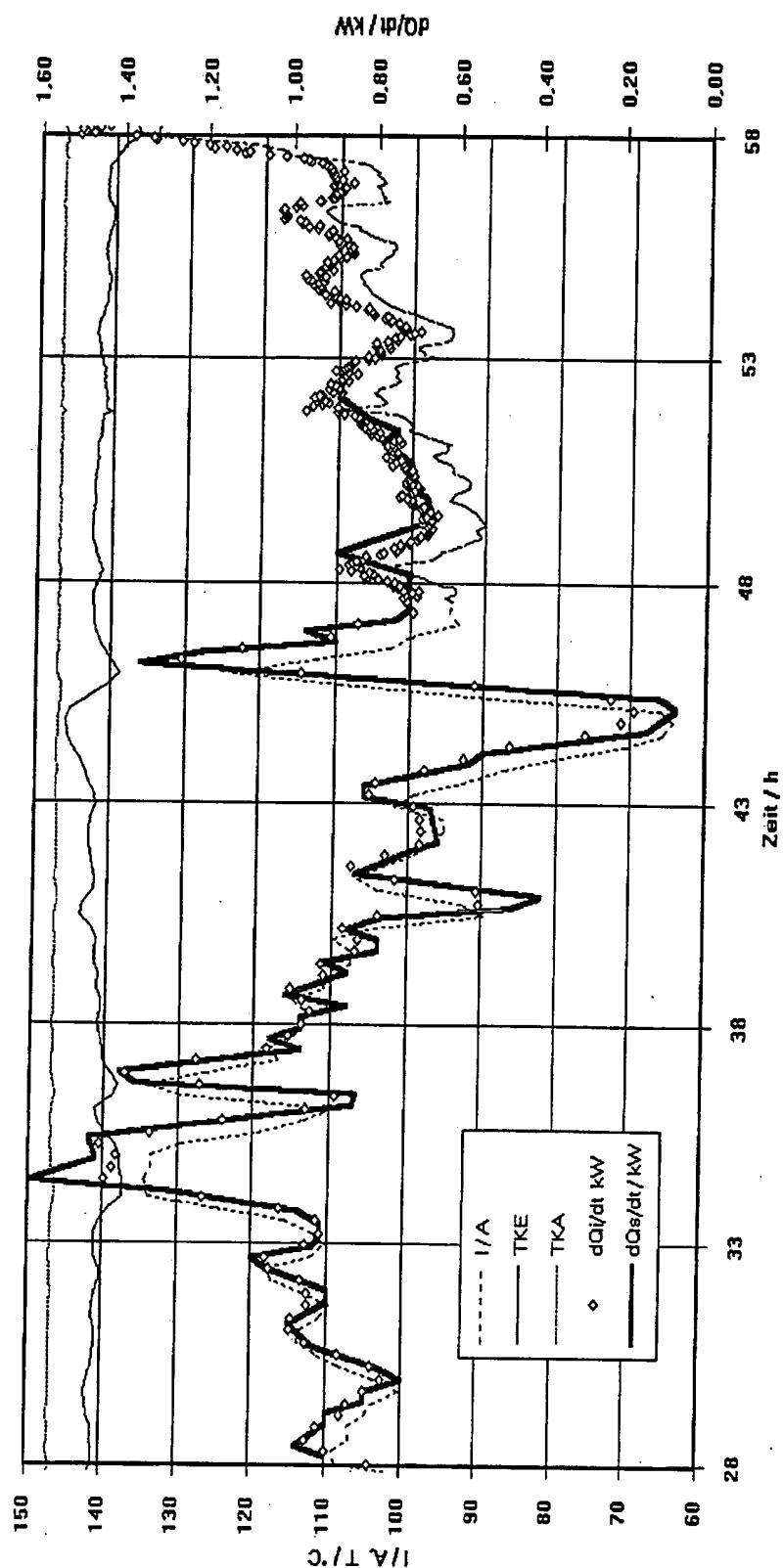


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Soll- und Istwerte für den Wärmestrom (rechte Y-Achse) sowie des Zellstroms und der Vor- und Rücklauftemperatur (linke Y-Achse) bei vorgegebenem Lastverlauf

**Control of heat production in fuel cell systems**

Publication number: DE19517813

Publication date: 1996-11-21

Inventor: SCHOLTA JOACHIM DR (DE); ROHLAND BERND DR (DE)

Applicant: ZSW (DE)

Classification:

- international: H01M8/04; H01M8/06; H01M8/04; H01M8/06; (IPC1-7): H01M8/04

- European: H01M8/04

Application number: DE19951017813 19950518

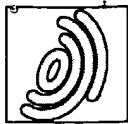
Priority number(s): DE19951017813 19950518

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE19517813**

The method is for the continuous and loss-free matching of the heat production in fuel cells to the actual heat requirement. The method involves utilising the fact that fuel cells are continuously controllable over a wide load range. The essence of the patent is to use the continuous control of current with the help of the outward and return circuit temperatures in the thermal circuit. A control process comes into play which has a quasi-continuous characteristic, especially using a PID algorithm with additional current limiting between maximum and minimum values, plus limiting of the time rate of change of current.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

[Description of DE19517813](#)[Print](#)[Copy](#)[Contact Us](#)[Close](#)

## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

The invention concerns a procedure for the regulation of the warm-led enterprise of gas cell plants.

Gas cells, particularly such with middle or higher work temperature are very well suitable due to their high efficiency and its low pollutant and noise emissions for the combined production river and warmth in smaller and middle units.

Technically furthest developed at present the phosphoric acid gas cell (PAFC) is, which is already commercially offered. The offered unit possesses an electrical output of 200 KW. The cell is appropriate for current enterprise, can be used however also for uncoupling of warmth. System-dependently the return temperature may amount to at the most 33 DEG C. If this is higher, an auxiliary cooling system is activated, which delivers the surplus warmth to the ambient air.

Gas cells do not possess a direct possibility of the power adjustment contrary to combustion engines over the fuel supply, there both the anode and the cathode-lateral gas conversion only about 80 and/or. 50% amounted to may. Since the turnover rate is proportional after the Faraday' law to the cell stream, with gas cells the cell stream is selected as reference and the gas flows according to the preselected cell stream is steered.

If the achievement of the gas cell is to be aligned not according to the respective net need, but after the heat requirement of the pay load, the procedure of the characteristic diagram adjustment is selected, in which the heat emission of the cell in dependence of operatingrelevant sizes is determined and after this characteristic diagram the suitable river is by hand adjusted (H. Scarce stone: Blockheizkraftwerk with gas cells, GAS WARMTH international, 43 (1994), S. 139-45). This procedure is used when to a large extent stationary heat requirement or small fluctuations the same, leads however when strong fluctuations or also with a change of the cell characteristic due to aging as well as when changes in the natural gas quality to mismatchings. These can cause again that either not sufficiently warmth is available or must surplus warmth over the auxiliary radiator be dissipated, which leads then to a reduction of the overall efficiency.

A regulation in the form that as with Blockheizkraftwerken after there state of the art boilers in stages are off or are connected, is with gas cells not applicable, there frequent switching on and off to a degradation of the cell leads and/or. because of the arising starting losses is uneconomic.

In the patent literature (DE 21 57 722 A and DE 19 49 184 A) a rule procedure for the regulation of the fuel supply is called by gas cells after a control signal. This contains however no procedure for the production of the control signal regarding a warm-led enterprise of the gas cell.

△ top

EP 03 87 702 a2 contains a procedure for regulating the pre and/or. Return temperature of a Warmwasser-Heizungsanlage. The subject of this invention is contained the achievement-dependent application of a point of two or a constant rule procedure for the regulation of a Warmwasser-Heizungsanlage and contrary to this registration the employment of point of two and constant regulation, changing as required, with a gas-fired boiler. Related to the enterprise of gas cells no statements are met, especially no data are given the cell stream as effective Steuergrösse for the warm-led enterprise of such a plant.

EP 03 77 151 A1 contains a procedure for the regulation of high temperature gas cells, which regulates the cell temperature over the pre and afterburning of gas flows and which cell stream likewise not when Steuergrösse consults.

US 50 23 151 A contains the regulation of the cooling circuit of gas cells with the goal of a constant cellateral cooling water inlet temperature by means of adjustable bypasses for a heat exchanger in the cooling water cycle. The heat emission of the gas cell from this not regulated and thus also no procedure for the execution of a warm-led enterprise indicated.

In DE 43 22 765 c1 a procedure for the regulation of the electrical achievement is described by gas cells over the regulation of the oxidizing agent mass flow. This procedure is not usable for the block combined heat and power station enterprise of gas cells, since in this procedure the electrical efficiency of the system in the partial load operation would worsen.

The invention aims at the continuous as well as the gas cell careful and loss-free adjustment of the heat production of the gas cell to the current heat requirement.

The invention is the basis the task to develop a driving fashion of the gas cell this adjustment loss-free made possible and a sufficient distance to the limit values of the processing also when constant fluctuations the heat requirement ensured.

The solution according to invention exists working rule procedure in the regulation of the river of the gas cell on the basis the pre or return temperature of the heat cycle after one continuously or quasili-continuous.

The invention uses the fact that cells are continuously adjustable over a far Lastber and exhibit here an almost constant efficiency. The invention exists in the application of a continuous regulation of the river on the basis the pre or return temperature of the heat cycle. The heat cycle knows the gas cell unit by a heat exchanger into a comprehensive cooling agent cycle and into a utilizable heat cycle, which then the heat exchanger and the heat consumer, which cover can consist also of one or more heat exchanger cycles, divided its. The regulation can take place then both with reference to the cooling agent pre or return temperature of the cooling agent circle and with reference to the pre or return temperature of the utilizable heat cycle. According to invention a rule procedure, which exhibits a continuous or quasi-continuous characteristic, is used in particular a regulation to a PID procedure with additional restriction of the river as Steuergrösse regarding minimum and maximum value and the amount of the temporal change of the river. The PID procedure contains the definition of the correcting variable additive from (i) one the difference between rule and reference proportional signal as well as (ii) from one out (i) formed integral signal and (iii) from one out (i) formed Differentialsignal. By suitable definition out (i), (ii) and (iii) resulting signal portions of the correcting variable a favorable transient behavior of the regulation can be achieved.

Such a regulation avoids not only the disadvantages of a regulation after characteristic diagram, but made possible also a fastest possible adjustment of the Zelleistung to the respective heat requirement. The characteristics the temporal change of the river permitted by minimum and maximum value as well as depend on ago the values certified of the processing of the gas cell and the minimum and maximum stream permissible for the cell pile. For such a regulation two according to invention concepts are used: 1. Regulation of the inlet temperature of the using or cooling heat cycle by variation of the cell stream this rule procedure makes an optimal characteristic of regulation and heat utilization possible for systems, in which a sufficiently low return temperature is present, so that the use of emergency cooling systems, which would mean a degradation of the heat utilization and thus the overall efficiency, planned after the state of the art, is not necessary. An employment of this regulation in connection with an emergency cooling system is likewise possible. In this case in relation to a constant current enterprise of the cell still another better adjustment to the respective heat requirement and thus a better overall efficiency of the system would follow. 2. Regulation of the return temperature of the using or cooling heat cycle over cell stream and inlet temperature this rule procedure makes possible a regulation and thus an adjustment for the supplied amount of heat to the heat requirement of the system without emergency cooling system, even if with small heat requirement of the consumer the return temperature would rise over the maximum temperature, if the consumer is so laid out that with this rule procedure will transfer the necessary amount of heat could. Disadvantage of this procedure opposite 1. is the higher time constant of the system. Better overall efficiency of the system faces that.

The used in fig. 1 shown structure consists of a tender unit (19) for the wasserstoffhaltige operating gas, which over the anode gas supply (21), and the gaseous oxidizing agent (air, oxygen-enriched air or oxygen), which over the cathode gas supply (20) the gas cell unit (1) is supplied, to an associated gas flow regulation (18), these operating gases amplifier-Rome-end gas cell unit (1), those from one or more single cells from anode (2), matrix (3) and cathode (4) exists, developed after the state of the art, one of a pump (9), the gas cell unit (1) and a heat exchanger (10) existing cooling agent cycle with the inlet temperature TV and the return temperature TR, a utilizable heat cycle with the inlet temperature TV, and the return temperature TR, as well as according to invention working the rule unit (13), outgoing from the heat exchanger. This steers an inverter (16) or a comparable, the cell stream using unit via an exit for the target cell stream (14). As described further above, becomes as controlled variable for the rule unit (13) either the pre or the return temperature of the utilizable heat cycle or the cooling agent cycle consulted. The deviation of the concerned determined in the PID rule unit. Temperature of the given desired value becomes after PID or comparable rule procedures for the controlling of the gas flows over the target being (17), the gas flow regulation (18) and the tender unit (19) as well as to the controlling of the cell stream over the being cell stream (14) and the inverter (16) uses. If due to the characteristics of the controlling means for the anode and cathode gas flows a temporal advance of the regulation and/or a control sequence well-known after the state of the art are necessary, this controlled variable from the control signal for the cell stream is formed and in 2. Automatic control loop, the gas flow regulation (18) made available. Retarded in latter case the control signal for the cell stream (14), which the inverter one supplies, in appropriate measure temporarily, so that the cell stream demanded by the inverter can be always made available by the cell.

Contrary to that while stationary the technology procedures mentioned after DE 43 22 765 c1, which leads to a variable oxygen conversion in the oxidizing agent gas flow, is the gas conversion with the procedure according to invention constantly or only in so far variable that no delimitation of the achievement takes place via the selected anode or cathode gas flow. If hydrogen is to be used for the supply of the gas cell, the regulation of the anode-lateral gas flow can take place after the state of the art via a regulation of the anode-input gas pressure. In this case a valve with a control unit is planned anode at the output, which causes a flushing of the anode gas area and thus a distance of remainder gases in regular distance by brief opening of the valve. In the case of the hydrogen production from Reformergas the anode-lateral gas flows are led like also in both cases the cathode-lateral gas flows according to the regulated cell stream under addition of a flow surplus, while in DE 43 22 765 c1 the cell stream is selected in such a way that the electrical achievement maximally possible regarding the oxidizing agent gas flow is constantly inferred from the gas cell. In summary the rule procedure with the oxidizing agent gas flow, described in DE 43 22 765 c1, works as Steuergrösse, while the procedure according to invention with the cell stream requested by the inverter works as Steuergrösse.

That has special advantages regarding the dynamics and the partial load efficiency of the system.

A remark example of the invention is described in the following more near and is in fig. 1 and 2 more near describes:

Fig. 1: Diagram of the PID automatic controller in a gas cell BHKW

Fig. 2: Course of the being and actual values for the heat flow (right y axis) as well as the cell stream and the pre and return temperature (link y axis) with given diagram of distributed load

Fig. 1 shows the diagram according to invention of a PID of automatic controller in a gas cell BHKW. A gas cell unit (1), those from at least one made of anode (2), matrix (3) and cathode (4) existing single cell exists, becomes from a gas supply unit (19) over an anode gas supply (21) and a cathode gas supply (20) with operating gases supplies. The remainder gases are exhausted over an anode gas exit (5) and a cathode gas exit (6). The gas cell unit (1) becomes of one from a pump (9), a Kühlmittelzuführung (8), a cooling agent removal (7) as well as a heat exchanger (10) existing cooling agent cycle cooled. In the heat exchanger (10) the cooling agent with one is cooled for existing cooling circuit from advance (11) and return (12). The inlet temperature TV of the cooling agent is supplied to the rule unit (13), which in procedure 1 the temperature TV by variation of the target cell stream (14), which by the inverter (16) is adjusted, to a constant value regulates. As correcting variable the cell

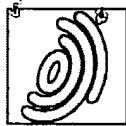
stream serves. In relation to the inlet cell stream (14) with temporal advance (1 second) more provided 2. Rule path of the target being (17) is used for the control of the gas flow regulation (18). The output signals of the gas flow regulation are used for the control of gas flow automatic controllers, which form the gas supply unit (19) together with a gas supply. For the regulation of the cell stream the rule unit (13) is developed as a PC-steered regulation in the PID procedure in connection with a delimitation of the cell stream after a minimum and a maximum value and a delimitation of the temporal current change. By suitable choice of the time constants ( $P = 45 \text{ A DEG C}$ ,  $I = 500 \text{ seconds.}$ , no since part) is reached a practically overshoot-free regulation of the inlet temperature  $TV$  after sprungförmiger change of the return temperature. Here time constants are reached from 5 to 10 minutes for the regulation of the inlet temperature up to the Konstanz on the desired value.

With in such a way developed regulation the heat requirement arising at Blockheizkraftwerken is after-driven to well-known characteristics by variation of the return temperature of the cooling circuit. In fig. shows 2 shown load curve the heat requirement profile at a point of usage (primary school Beuthener road, Hanover, to 24.02.1993, standardize nominal load on 1,6 KW). It is shown that the used rule procedure makes a practically continuous for descendants possible of the given temporal diagrams of distributed load without substantial deviation between actual and desired value.

The course of the inlet temperature is throughout very constant and remains with deviations from maximally degrees C on the given desired value. Only during excess of the maximum load arises in same place as above called a larger deviation from the desired value.

According to invention thereby a regulation could be achieved on constant inlet temperature with changing return temperature and thus details descendant of the achievement characteristic given by the return temperature.

▲ top

**Claims of DE19517813****Print****Copy****Contact Us****Close**

## Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

1. Procedure for the regulation of the generation of current of gas cells in the warm-led enterprise, by the fact characterized that the river of the gas cell is regulated as correcting variable over the advance or return temperature of the cooling heat cycle as controlled variable with the help of a continuous or quasi-continuous rule procedure.
2. Procedure according to requirement 1, in particular regulations, with which a PID rule unit is used.
3. Procedure according to requirement 1, in particular regulations, with which as additional controlled variable the restriction of the cell stream regarding minimum and maximum value as well as the amount of the temporal change of the cell stream are used.
4. Procedure according to requirement 1, with which the heat cycle is realized by a direct cycle under inclusion by gas cell unit and consumer.
5. Procedure according to requirement 1, with which the heat cycle from a cooling agent cycle, a heat exchanger and a utilizable heat cycle is formed.
6. Procedure according to requirement 4, whereby the utilizable heat cycle from is formed for one or more heat exchanger cycles.
7. Procedure according to requirement 1, with which with an optimized adjustment to the heat requirement of the consumer the inlet temperature of the cooling agent or utilizable heat cycle is regulated.
8. Procedure according to requirement 1, with which with an optimal utilization of the supplied warmth the return temperature of the cooling agent or utilizable heat cycle is regulated in such a way that a temperature if possible close under the permissible maximum value is stopped.
9. Procedure according to requirement 1, whereby as gaseous fuel in the cell hydrogen or a hydrogen-rich gas received by reformation and gas cleanup are used.
10. Procedure according to requirement 1, whereby the regulation by a temporal advance marked 2. Rule path exhibits, which is used for the control of the Reformers or for the control of for the adjustment arrangements suitable by anode and △ top Kathodengsströmen.
11. Procedure according to requirement 10, whereby in that 2. Rule path for the control of the Reformers ramps to be used.
12. Procedure according to requirement 1, whereby the permissible limit values for the cell stream with consideration of the limit values, in particular to the cell temperature, valid for the gas cell, specifies become.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**